
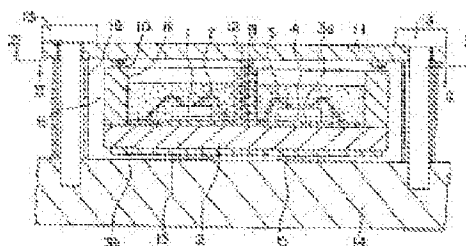


**SEMICONDUCTOR DEVICE****Publication number:** JP9134983 (A)**Publication date:** 1997-05-20**Inventor(s):** KUWABARA HEIKICHI; SUZUKI ATSUSHI; TAKESO MASANORI;  
YAMAMURA HIROHISA; FUJIEDA NOBUO**Applicant(s):** HITACHI LTD**Classification:****- international:** *H01L23/36; H01L25/07; H01L25/18; H01L23/34; H01L25/07;  
H01L25/18; (IPC1-7): H01L23/36***- European:****Application number:** JP19950291299 19951109**Priority number(s):** JP19950291299 19951109**Also published as:** JP3433279 (B2)**Abstract of JP 9134983 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance heat transfer performance in a semiconductor device with a thin insulating plate on which a semiconductor chip is mounted and a heat sink for cooling it. **SOLUTION:** This device has an insulating plate 2 in which a plurality of semiconductor chips 1 are mounted on the upper surface and a metal film 3b is formed in the lower surface, a heat sink 14 disposed on the lower side of the insulating plate 2 and heat-transfer grease filled between the metal film 3b and the heat sink 14, and the insulating plate 2 is fastened to the heat sink 14. In that case, the heat-transfer grease 15 is filled in an island-like form in the region opposed to the respective semiconductor chips 1 between the insulating plate 2 and the heat sink 14 or in its vicinity and the island-like region is made four to eight times the plane area of the semiconductor chips in the state of being fastened, thereby being able to lower the thermal resistance between the above-mentioned members to the lowest level.

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-134983

(43) 公開日 平成9年(1997)5月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 23/36

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 23/36

技術表示箇所

B

D

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平7-291299

(22) 出願日 平成7年(1995)11月9日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 桑原 平吉

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 鈴木 敦

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 武曾 當範

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株

式会社日立製作所自動車機器事業部内

(74) 代理人 弁理士 瀧沼 辰之

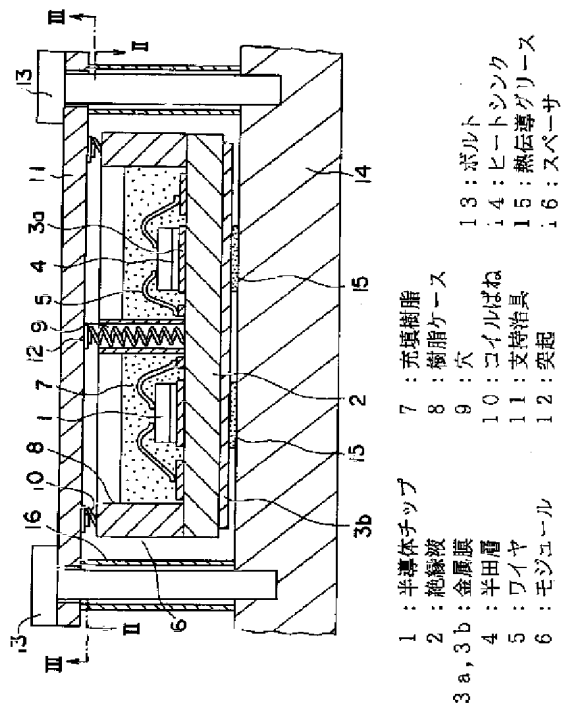
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体チップを搭載した薄板の絶縁板とそれを冷却するヒートシンクを備えた半導体装置における伝熱性能の向上を図る。

【解決手段】 複数の半導体チップ1を上面に搭載し下面に金属膜3bが形成された絶縁板2と、絶縁板2の下面側に配置されたヒートシンク14と、金属膜3bとヒートシンク14間に装填された熱伝導グリースとを備え、絶縁板2がヒートシンク14に締め付けられた半導体装置において、熱伝導グリース15を、絶縁板2とヒートシンク14間で各半導体チップ1に相対する領域ないし近傍に、島状に装填し、締め付け状態で島状領域を半導体チップの平面積の4～8倍にすることで上記部材間の熱抵抗を最低レベルまで下げることができる。





**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 複数の半導体チップを上面に搭載し下面に金属膜が形成された絶縁板と、該絶縁板の下面側に配置されたヒートシンクと、前記金属膜と前記ヒートシンク間に装填された熱伝導グリースとを備え、前記絶縁板が前記ヒートシンクに締め付けられて構成される半導体装置において、

前記熱伝導グリースは、前記半導体チップそれぞれに相対する領域およびその近傍に、島状に装填されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記熱伝導グリースの島状領域は前記半導体チップの平面積の1.4～1.8倍としたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】 複数の半導体チップを上面に搭載し下面に金属膜を形成された四角形の絶縁板、該絶縁板の上面側を、前記半導体チップを含めて覆う樹脂及び該樹脂の側面を囲むケースからなるモジュールと、該モジュールの絶縁板の下面側に配置された四角形板状のヒートシンクと、前記絶縁板の金属膜と前記ヒートシンク間に装填された熱伝導グリースとを備え、前記モジュールを前記ヒートシンクに締め付けて構成される半導体装置において、

前記樹脂中で隣合う前記半導体チップ間の適宜箇所及び前記ケースの壁の適宜箇所に上下に穿設した穴にそれぞれ挿入したバネと、該バネの上端を押圧し、前記ヒートシンクとの間に前記モジュールを挟んで前記ヒートシンクの4角にボルトを介して締め付けられた押さえ板とを設け、かつ前記熱伝導グリースは、前記半導体チップそれぞれに相対する領域およびその近傍に、島状に装填されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】 前記熱伝導グリースの島状領域は前記半導体チップの平面積の1.4～1.8倍としたことを特徴とする請求項3記載の半導体装置。

【請求項5】 前記ボルト近傍で前記押さえ板と前記ヒートシンク間にスペーサを設け、該スペーサにより前記バネの圧縮量を規定したことを特徴とする請求項3または4に記載の半導体装置。

【請求項6】 前記バネは、前記モジュールの相対する2辺にそれぞれ沿って配列された2群と、該2群の配列の中央で該2群の配列に直交して挟まれるように配列された1群からなることを特徴とする請求項3または4に記載の半導体装置。

【請求項7】 前記1群のばねのばね定数は、前記2群のばねのそれより大きいことを特徴とする請求項6の記載の半導体装置。

【請求項8】 前記ヒートシンクは、内部に、並行する複数の流路と、該流路の両端に形成されたヘッダとからなる冷却手段を有することを特徴とする請求項1ないし4いずれかに記載の半導体装置。

【請求項9】 前記ヒートシンクは、該内部に、隔壁を

介して仕切られた上下2室と、該下室に冷却媒体を導入する流入口と、前記隔壁で前記半導体チップに相対する位置に形成され前記下室からの冷却媒体を通す孔と、前記上室から前記冷却媒体を排出し前記流入口とは反対側に位置する排出口とからなる冷却手段を有することを特徴とする請求項1ないし4いずれかに記載の半導体装置。

【請求項10】 前記隔壁の孔に円形のノズルを装着し、該ノズルが向く前記上室の天井部分に凹みを設けたことを特徴とする請求項9記載の半導体装置。

【請求項11】 前記凹みで前記ノズルの対向する領域から外側に放射状にフィンを取り付けたことを特徴とする請求項10記載の半導体装置。

【請求項12】 前記隔壁の孔に開口形状が長円形のノズルを装着し、該ノズルが向く前記上室の天井部分に凹みを設け、該凹みで前記ノズルの開口に対向する領域から外側に前記長円形に対して交叉する方向に延びるフィンを該各長辺にそって並列して設けたことを特徴とする請求項9記載の半導体装置。

【請求項13】 複数の半導体チップを上面に搭載し下面に金属膜を形成された四角形の絶縁板、該絶縁板の上面側を前記半導体チップを含めて覆う樹脂及び該樹脂の側面を囲むケースからなるモジュールと、該モジュールの絶縁板の下面側に配置された四角形板状のヒートシンクと、前記絶縁板の金属膜と前記ヒートシンク間に装填された熱伝導グリースとを備え、前記モジュールを前記ヒートシンクに締め付けて構成される半導体装置において、

前記樹脂中で隣合う前記半導体チップ間の適宜箇所及び前記ケースの壁の適宜箇所に上下に穿設した穴にそれぞれ挿入したバネと、該バネの上端を押圧し、前記ヒートシンクとの間に前記モジュールを挟んで前記ヒートシンクの4角にボルトを介して締め付けられた押さえ板とを設け、かつ前記絶縁板下面の金属膜を前記半導体チップそれぞれに相対する領域に形成し、該金属膜とヒートシンク上面間に前記熱伝導グリースが島状に装填され、前記ヒートシンクは冷却構造を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項14】 前記冷却構造は、前記ヒートシンク内部に互いに並行する複数の流路と、該流路の両端に形成されたヘッダとからなることを特徴とする請求項13に記載の半導体装置。

【請求項15】 前記冷却構造は、前記ヒートシンク内部で、隔壁を介して仕切られた上下2室と、該下室に冷却媒体を導入する流入口と、前記隔壁で前記半導体チップに相対する位置に形成され前記下室からの冷却媒体を通す孔と、前記上室から前記冷却媒体を排出し前記流入口とは反対側に位置する排出口とからなることを特徴とする請求項13記載の半導体装置。

【請求項16】 前記隔壁に形成した孔に円形のノズル



を装着し、該ノズルが向く前記上室の天井部分に凹みを設けたことを特徴とする請求項15記載の半導体装置。

【請求項17】 前記凹みで前記ノズルの対向する領域から外側に放射状にフィンを取り付けたことを特徴とする請求項16記載の半導体装置。

【請求項18】 前記隔壁の孔に開口形状が長円形のノズルを装着し、該ノズルが向く前記上室の天井部分に凹みを設け、該凹みで前記ノズルの対向する領域から外側に前記長円形に対して交又する方向に延びるフィンを該各長辺にそって並列して設けたことを特徴とする請求項15記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体モジュールにヒートシンクを装着してなる半導体装置の冷却構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】特願平4-176497号に、代表的な従来技術としての半導体装置の冷却構造が記載されている。モジュール基板に、例えば窒化アルミニウムの絶縁層をはさんで半導体チップが半田付けされて、半導体モジュールが構成される。モジュール基板とこの基板の裏面に設置されたヒートシンクとの間には熱伝導グリースを封入して、半導体モジュールとヒートシンクをボルトなどで締め付けている。ヒートシンクはヒートパイプ方式の場合もあるが、水通路を設けた水冷方式、あるいは、フィンを設けた空冷方式などの場合もある。

【0003】半導体チップは作動時に発熱し、その熱は、半導体チップから半田層、絶縁層を介してモジュール基板に伝わる。モジュール基板では熱が拡散される。拡散された熱は、熱伝導グリースを介してヒートシンクへと伝熱される。このようにして半導体チップは、ヒートシンクにより冷却されて、許容値（例えば100℃、または150℃など）以下になるように放熱される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような半導体装置の場合、例えば半導体チップはシリコンで、絶縁層は窒化アルミニウム（AlN）で、モジュール基板は銅で製作されている。シリコン、AlN、銅の線膨張係数が異なるため、シリコン製の半導体チップが発熱した場合、それぞれ膨張する長さが異なり、そして半導体チップと絶縁層間に介在する半田層に応力が発生する。発生応力が大きいと、半田層に亀裂が生じて、半導体モジュールの破損を招く。一方、応力を低減する方法として、絶縁層あるいはモジュール基板を薄くする方法がある。例えば、従来、厚さ10mm程度であった銅製のモジュール基板を厚さ3mm程度に減少させる。あるいは絶縁層、モジュール基板の材料をシリコンに近づける。例えば、3mm厚の銅のモジュール基板に代えて、3mm厚のモリブデン基板を用いる。あるいは絶縁層とモジュール基

板をひとつの材料として、例えばAlNの3mm厚さとする。さらに薄くしてAlN厚さを1mm、0.5mmとする方法である。

【0005】ところで、このように絶縁層、モジュール基板の材料の膨張係数がシリコンに近くなると、各部材の熱伝導率も小さくなる。さらに応力低減のため、その厚さを薄くすると、半導体チップから伝わった熱を拡がらせる効果が低減する。

【0006】一方、絶縁層、モジュール基板が薄くなると、モジュール基板とヒートシンク間に封入される熱伝導グリースの厚さも厚くなってしまふ。すなわち、一般にモジュール基板の縁部にボルトを挿入する穴を設けて、ボルトで締め付けるから、絶縁層、モジュール基板が厚ければ、熱伝導グリースを十分に押し付けるので、熱伝導グリースの厚さは薄くなる。しかし、絶縁層、モジュール基板が薄くなると、縁部をボルトで締め付けても、これら板部材が撓むために、中央部の熱伝導グリースの層が厚くなってしまふ。

【0007】つまり、応力低減を図るため、絶縁層、モジュール基板をシリコンに近い膨張係数の材質にする、あるいは厚さを薄くすると、熱の拡がりが悪くなり、さらに熱伝導グリースが厚くなると、モジュール基板からヒートシンク側への伝熱が悪くなる。つまり半導体チップからヒートシンクへの熱の伝わりが悪くなり、半導体チップの温度上昇を招くおそれがある。

【0008】本発明では、絶縁層とモジュール基板とを同一の絶縁性材料で一体化した基板（該一体化した基板を絶縁板と称する）を用いる半導体装置における熱伝導性の向上を図る。

【0009】本発明が解決しようとする第1の課題は、半導体装置において、絶縁板が薄くなった場合でも、熱伝導グリースを薄くして、半導体チップからヒートシンクへの伝熱を良好にすることにある。さらに第2の課題はヒートシンク内の伝熱において、半導体チップに相対する部分の伝熱特性を良好にすることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記第1の課題を解決するために、本発明の第1の半導体装置は、複数の半導体チップを上面に搭載し下面に金属膜が形成された絶縁板と、この絶縁板の下面側に配置されたヒートシンクと、金属膜とヒートシンク間に装填された熱伝導グリースとを備え、絶縁板がヒートシンクに締め付けられて構成される半導体装置であって、熱伝導グリースは、半導体チップそれぞれに相対する領域およびその近傍に、島状に装填されていることを特徴とする。

【0011】そして熱伝導グリースの島状領域は半導体チップの平面積の4～8倍とするのが好ましい。熱伝導グリースを島状に形成する理由は、絶縁板とヒートシンク間全面に熱伝導グリースを設けるよりも、熱伝導グリースを薄くすることができ、熱伝導性を向上させること



ができるからである。また絶縁板をヒートシンクに締め付けて、熱伝導グリースの島状領域を半導体チップの平面積の4倍に広げると、絶縁板とヒートシンク間の熱抵抗が熱伝導グリースを介在された場合の最低値近くまで低下し、8倍を超えて広げても熱抵抗がそれ以上低下しないからである。

【0012】また、上記第1の課題を解決するために、本発明の第2の半導体装置は、複数の半導体チップを上面に搭載し下面に金属膜を形成された四角形の絶縁板、この絶縁板の上面側を、半導体チップを含めて覆う樹脂及びこの樹脂の側面を囲むケースからなるモジュールと、このモジュールの絶縁板の下面側に配置された四角形板状のヒートシンクと、絶縁板の金属膜とヒートシンク間に装填された熱伝導グリースとを備え、モジュールをヒートシンクに締め付けて構成される半導体装置であって、樹脂中で隣合う半導体チップ間の適宜箇所及びケースの壁の適宜箇所に上下に穿設した穴にそれぞれ挿入したバネと、このバネの上端を押圧し、ヒートシンクとの間にモジュールを挟んでヒートシンクの4角にボルトを介して締め付けられた押さえ板とを設け、かつ熱伝導グリースは、半導体チップそれぞれに相対する領域およびその近傍に、島状に装填されていることを特徴とする。

【0013】そして、第2の半導体装置においては、熱伝導グリースの島状領域は半導体チップの平面積の4～8倍とするのがよい。この4～8倍の理由は、上記第1の半導体装置の説明で述べたとおりである。

【0014】また上記第1、第2の各半導体装置において、押さえ板をヒートシンクに締め付けるボルト近傍で、押さえ板とヒートシンクの間にスペーサを設け、このスペーサにより上記バネの圧縮量を規定することが好ましい。さらにこれらバネは、モジュールの相対する2辺にそれぞれ沿って配列された2群と、これら2群の配列の中央でこれら2群の配列に直交して挟まれるように配列された1群とから構成するのがよい。さらに上記1群のばねのばね定数は、他の2群のばねのそれより大きくすることがこのましい。上記3つの群の配列(H形配列)と各群のバネ定数は、絶縁板をヒートシンクに均一に押圧する上でこのましい。その理由は、発明の実施の形態の項で図2により説明する。

【0015】上記第2の課題を解決するために、第1、第2の半導体装置において、ヒートシンクは、内部に、並行する複数の流路と、該流路の両端に形成されたヘッダとからなる冷却手段を設けるとよい。

【0016】また別の冷却手段として、ヒートシンク内部に、隔壁を介して仕切られた上下2室と、2室のうちの下室に冷却媒体を導入する流入口と、隔壁で半導体チップに相対する位置に形成され下室からの冷却媒体を通す孔と、2室のうちの上室から冷却媒体を排出し流入口とは反対側に位置する排出口とを設けて冷却手段を構成

してもよい。また隔壁の孔に円形のノズルを装着し、このノズルが向く上室の天井部分に凹みを設けるのがよい。これにより上室の天井部の厚さが減少して、半導体チップから発生し絶縁板を通じて伝わる熱がヒートシンクに吸収されやすくなる。さらに、凹みでノズルの対向する領域から外側に放射状にフィンを取り付ければ、なおさら、冷媒による冷却性能を向上させることができる。また上記円形のノズルの代わりに、長円形のノズルを装着し、このノズルが向く上室の天井部分に凹みを設け、この凹みでノズルの開口に対向する領域から外側に長円形に対して交叉する方向に延びるフィンを各長辺にそって並列して設けてもよい。

【0017】また上記第1の課題を解決するために、本発明の第3の半導体装置は、上記第2の半導体装置における絶縁板の下面全面に設けた金属膜に代わって、金属膜を半導体チップそれぞれに相対する領域に形成し、この金属膜とヒートシンク上面間に熱伝導グリースを島状に装填し、さらに第2の半導体装置のヒートシンクに冷却構造を設けたものである。

【0018】第3の半導体装置におけるヒートシンクの冷却構造は、上記第1、第2の半導体装置に備えるものと同様に構成するとよい。すなわち、この冷却構造はヒートシンク内部に複数の流路とヘッダを設けて構成するとよい。また、同様に別の冷却手段として、ヒートシンク内部に、隔壁を介して仕切られた上下2室と、下室に冷却媒体を導入する流入口と、隔壁に形成された孔と、上室から冷却媒体を排出する排出口とを設けて冷却手段を構成してもよい。また同様に、隔壁の孔に円形のノズルを装着し、上室の天井部分に凹みを形成し、凹みの放射状にフィンを取り付けて冷却構造を構成する、または円形のノズルの代わりに長円形のノズルを用い、上室の天井部分に凹みに長円形の各長辺にそってフィンを設けて冷却構造を構成するのがよい。

【0019】ここで、半導体装置が作動して、半導体チップが発熱した場合の熱の伝熱経路について説明する。絶縁板の熱伝導率が小さく、かつ厚さが薄い場合、半導体チップからの熱は、ほとんど拡がることなく、半導体チップが占める面積のみ伝熱される。従って絶縁板からヒートシンクに熱伝導グリースを介して伝熱される場合、半導体チップに相対する面から離れた箇所にある熱伝導グリースは伝熱にあまり寄与しない。

【0020】一方、熱伝導グリースはヒートシンク面の全面に塗布して、締め付けると熱伝導グリースが抜けきれず、熱伝導グリースの薄肉化に限界がある。半導体チップに相対する面積部のみに塗布すると、締め付けた場合に熱伝導グリースが塗られていない面積の方へ流れやすくなるため、熱伝導グリースが薄くなる。

【0021】さらに、絶縁板が薄くなると、絶縁板を端部から締め付けても特に中央部において締め付け力が弱く、グリースを薄くできない。モジュールの適宜箇所に



バネを配することによって、モジュールをヒートシンクに締め付ける際に、絶縁板の端部から中央部まで、グリースが薄くなり、絶縁板およびモジュール基板が薄い時に、さらに熱伝導グリースを薄くでき、熱伝導上の効果は大きくなる。

【0022】また、ヒートシンクに冷却手段を設け、半導体チップに相対する面積のみ高効率に冷却することにより、さらに一層半導体チップ温度を下げる事が可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を使って説明する。

【0024】図1は本発明の一実施の形態を示す断面図である。図2、図3はそれぞれ図1のII-II矢視図、II I-III矢視図である。複数の半導体チップ1が絶縁板2の上に搭載されている。絶縁板2の材質は例えば窒化アルミニウム(A1N)である。絶縁板2の表面(半導体チップを搭載する側の面)にはスパッター、蒸着などの方法で半導体チップの搭載領域や配線部に金属膜3aが形成され、また絶縁板2の裏面には同様の方法で全面に金属膜3bが形成されている。表面側では、この金属膜3aと半導体チップ1が半田層4によって半田付けされる。半導体チップ1はアルミニウムなどのワイヤ5によって配線部分の金属膜3aと接続され、各接続部は半田あるいは銀口ウで接合されている。半導体チップ1と絶縁板2で構成される部分及び次に述べる充填樹脂、樹脂ケースを含めてモジュール6と称す。

【0025】モジュール6の構成においては、半導体チップ1およびその周囲をカバーするように充填樹脂7が充填され、そして充填樹脂7はその側面が樹脂ケース8で囲われて保護されている。樹脂ケース8、充填樹脂7の各所には穴9が設けてあり、これら穴9の中にコイルばね10が挿入される。モジュール6とこのモジュール6の下に取り付けるヒートシンク14を結合するため、モジュール6の上面側には押さえ板として支持治具11が設置される。支持治具11は、モジュール6を挟み、4角でヒートシンク14にボルト13により締め付けられる。支持治具11の下面でコイルばね10と当接する箇所突起12を設け、これがコイルばね10の穴に差し込まれる。ヒートシンク14は、冷却フィンが装着されたり、内部に水などの流路が設けられたり、ヒートパイプなどが設けられ冷却の役目をする。

【0026】絶縁板2の裏面に形成された金属膜3bとヒートシンク14上面との間には、絶縁板2を挟んで半導体チップ1とほぼ相対する領域に、熱伝導グリース15が塗布されており、支持治具11をボルト13によりヒートシンク14に締め付けるときに、熱伝導グリース15が締め付けられる。ボルト13の締め付け量は、支持治具11とヒートシンク14間にあってボルト13の周囲に配置した円筒状のスペーサ16で決める。このと

き、コイルばね10の長さがある設定値に設定され、絶縁板2をばね力でヒートシンク14に押し付ける押し付け力が一定値に設定される。一方、熱伝導グリース15は押し付け力により薄くなるが、はじめに(押し付ける前に)塗布された広さよりも広がって同時に薄くなる。図2に示すように、絶縁板2表面に形成された配線部の金属膜3a間には他のワイヤ5bにより接続され、最終的には電極17a、17b、17c、17dと半導体チップ1とが電氣的に接続されることになる。

【0027】なお、コイルばね10、ボルト13の数は任意に選べるが、本実施の形態では図2に示すように、コイルばね10は樹脂ケース8の前辺部(図2で上側)に3個(10a)、後辺部(図2で下側)に3個(10b)並び、中央部に縦に3個(10c)並ぶ。ボルト13は支持治具11の4角に4個設けられる。中央部のコイルばね10cはなくてもよいが設けた方が熱伝導グリース15をより薄くできる。その場合、コイルばね10a、10bのばね定数を、コイルばね10cのばね定数よりも大きくなるようにすると良い。ボルト13を締め付けるとき、先にコイルばね10a、10b側、つまり樹脂ケース8の前辺側と後辺側が加圧され、後でコイルばね10c、つまり中央部が加圧されることになる。先に樹脂ケース8の前辺側と後辺側が加圧されると、半導体チップ1に絶縁板2を挟んで相対する面に塗布された熱伝導グリース15はほぼ均一に加圧され、次に中央部側が加圧されて、さらに一層熱伝導グリース15が均一に加圧され、一様な薄い厚さに制御される。ところが逆の場合、つまり、先に中央部側すなわちコイルばね10cが加圧されると、コイルばね10cの中央部をはさんで左右の熱伝導グリース15a、15bの厚みが異なる。左側の熱伝導グリース15aが薄くなると、右側の熱伝導グリース15bが厚くなり、左側の熱伝導グリース15aが厚くなると、右側の熱伝導グリース15bが薄くなる。この状態から前辺側と後辺側のコイルばね10a、10bの締め付けが始まるとコイルばね10a、10bが締め付けられる前の熱伝導グリース15a、15bの厚さの影響を受けて熱伝導グリース15a、15bの厚さを均一に薄くすることができない。このような作用をもたせるため、図3に示すように支持治具11はアルファベットのHの形状をしている。

【0028】なお、図1では、モジュール6をヒートシンク14に締め付けた半導体装置を示すが、この他に別の半導体装置として、モジュール6をCu製モジュール基板上に構成してこれをヒートシンク14に締め付けたものもある。この別の半導体装置では、モジュール基板とヒートシンク14間に熱伝導グリース15が入っている。

【0029】熱伝導グリース15を塗布し、それから締め付け加圧により熱伝導グリースの付着面積を拡がらず場合の望ましい範囲を示す。熱伝導グリースを薄く付着



させることが可能ならば、モジュール基板あるいは絶縁板全面に拡げても良いが、全面に拡げようとする熱伝導グリースの厚みが厚くなってしまう。熱伝導グリースを塗布する面積はチップ面積とほぼ同じであることが製作上望ましい。

【0030】図4、図5にモジュール基板、絶縁板における加圧による熱伝導グリースの付着面積の拡がり率（グリース面積拡がり率）と熱抵抗の関係を示す。グリース面積拡がり率（A）は、最初のグリース塗布面積： $S_0$ 、加圧で拡がったグリース付着面積： $S$ として、 $S/S_0$ と定義する。熱抵抗は、塗布した熱伝導グリースを加圧して順次に付着面積を拡大する度に熱抵抗を測定し、その抵抗値がそれ以下に低下しない最小抵抗値を基準値1として、基準値に対する割合（B）で示した。図4、5で、グリース面積拡がり率（A）を横軸に、熱抵抗の割合Bを縦軸に示す。図4は、モジュール基板が銅で厚さが3mmの場合の例であり、グリース面積拡がり率が8、すなわち元の塗布面積から8倍程度拡大した時に熱抵抗は最小値に達する。図5は絶縁板が窒化アルミニウムで厚さが0.5mmの場合の例であり、グリース面積拡がり率が4、すなわち元の塗布面積から4倍程度拡大した時に熱抵抗は最小値に達する。

【0031】図6は、図1に示した半導体モジュール6を3個、ひとつのヒートシンク14上に並べたものである。半導体モジュール6がIGBT（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）などのパワー素子の場合には電力用モータの回転数などを制御するのでU、V、W相の3相分が必要になる。

【0032】図7に、熱伝導グリースの塗布に用いる型板を示す。型板は半導体チップ1の配列と同じように、開口19を設けた、厚みが薄い金属板（テンプレート18と称する）である。このテンプレート18をモジュール基板面、あるいはヒートシンク面に当てて、熱伝導グリースを塗布する。その後、テンプレート18を取り除くと図7の開口19に相当する部分にのみ熱伝導グリースを残すことができる。このテンプレートは薄いほど良いが、実用的には0.5～0.05mmの厚みが良い。特に0.05～0.15mmが最適である。テンプレート18の材質は金属でなくても、固体物の板状のもので良い。

【0033】図8は本発明の他の実施の形態となる半導体装置を示す。この半導体装置は、図1に示す半導体装置のように絶縁板2の裏面全面に金属膜3bを設けるのではなく、絶縁板2の裏面で、半導体チップに相対する領域のみに金属膜3bを設ける。この場合には、熱伝導グリース15a、15bが加圧されて拡がったとき、金属膜3bを設けていない部分へ熱伝導グリースが拡がっていく空間があるため、金属膜3bのところの熱伝導グリース15a、15bをより一層薄くすることができる。

【0034】図9、図10は本発明のさらに他の実施の形態を示す。モジュール6の3相分が、熱伝導グリース15を介してヒートシンク14の上に搭載されている。その場合のヒートシンク14の構造を示している。図10は、図9に示すヒートシンク14のX-X断面図である。ヒートシンク14内には、矩形形状の複数の流路20が並行に設けられ、複数の流路20の両端にはヘッダ21a、21bが設けられ、さらにヘッダ21aには冷媒24の流入口22が、ヘッダ21bには流路20を流れた冷媒24の流出口23が設けられている。流入口22から入った冷媒24がヘッダ21aにおいて、各流路20に分かれて流れ、ヘッダ21bでまとめられ、流出口23から出ていく。モジュール6から熱伝導グリース15を伝わった熱は、まずヒートシンク14に伝わり、最終的には冷媒24に伝わり流出口23から流出される。冷媒24は、水、あるいは不凍液であるパーフロロカーボン液、エチレングリコール水溶液などを用いると良い。

【0035】図11は本発明のさらに他の実施の形態を示す。ヒートシンク14の構造に関する。今までの説明のように、半導体チップ1からの熱は、あまり拡がらずに熱伝導グリース15を通過してヒートシンク14へ伝えられる。従って冷却効率を上げようすると半導体チップ1に相対する部分の伝熱を良くすれば良い。図11の構造は半導体チップ1と相対するところにノズル25を設けて冷媒24を噴流状に衝突させ伝熱性能を向上させる。ヒートシンク14は表裏厚さ方向に区画された2つの室を有し、一つは裏側に位置する外側の室26で、他は表側に位置しモジュール6が設置される内側の室27である。室26と室27間の隔壁には半導体チップ1の配置と相対するところに開口が設けられて、この開口でノズル25を形成する。外側の室26の側壁には冷媒24を導入する流入口22が、内側の室27の側壁に流出口23が設けられ、流入口22から流入した冷媒24は、流出口23から流出する。冷媒24は、外側の室26からノズル25を通過するとき、ノズル25でしぼられるため高速流となる。この高速流の冷媒24は、内側の室27でモジュール6側の壁面28に噴流29となって衝突するため、壁面28の半導体チップ1に相対する面積部に高い伝熱性能が得られる。さらに本実施の形態では、壁面28で半導体チップ1の配列と相対する部位には凹部30を設ける。これを設けることにより噴流29の流れがスムーズに行われる。さらに、この凹部30でヒートシンク14の壁が薄くなるため、熱伝導グリース15から噴流29までの伝熱が一層向上する。

【0036】図12および図13に、図11に示すものとは異なるヒートシンクの他の構造を示す。図13は図12のXIII-XIII断面図である。このヒートシンクは、外側の室26と内側の室27間の隔壁に形成した開口部に、室27側からノズル33をねじこみ、ノズル33により噴流29を生ずる構造とする。さらに凹部30の壁



厚の薄い部位31には中央部に空間を設け、中央部から放射状に冷却フィン32を取り付ける。中央部には噴流29が直接に衝突する。この構造にすることにより、噴流効果が大きくなり、さらに冷却フィン32の取り付けにより伝熱性能が向上する。

【0037】図14、図15にヒートシンクのさらに別の構造を示す。図15は図14のXV-XV矢視図である。図12の場合と同様に内側の室27側からノズル33をねじこむ構造であるが、このノズル33は噴流29が流出するノズル先端部34の断面が長円形状である。そして、冷却フィン32は複数個が平行に並んでいる。ノズル先端部34がフィン間に差し込まれる構造となり、長円形のノズル先端部の長軸を軸にして、左右にフィン列35a、35bが並んでいる。ノズル先端部34から出た噴流29は左右に分かれて35a、35bのフィン列の間を流れる。半導体チップ1は一般に正方形、長方形などの矩形状をしているため、冷媒で冷却する面も矩形状が良く、ノズル先端部34を長円形状にしてフィン列35a、35bを平行フィン形状の列にすることにより、矩形状で高い冷却性能が得られる。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明によれば、モジュールの絶縁板とヒートシンクとの間に設ける熱伝導グリースの厚みを均一で、しかも薄く塗布することが可能となる。熱伝導グリースが薄くなるため、半導体チップからヒートシンクまでの熱抵抗を小さくできる。これにより絶縁板、モジュール基板の材質を、半導体チップの材料であるシリコンの線膨張係数に近い材質に選ぶことが可能となる。これに相当する材料は窒化アルミニウム、銅モリブデンなどであるが、これらは熱伝導率が小さく、熱の伝わりが悪いが、前述のように熱伝導グリース部の熱抵抗を小さくできるため、材質を任意に選べることになる。また、熱応力を小さくするため、絶縁板、モジュール基板の厚みを小さくしたいが、厚みが小さいと従来技術では熱伝導グリースが厚くなってしまふ。本発明により熱伝導グリースを薄くでき、絶縁板、モジュール基板の厚みを薄くすることが可能になる。

【0039】また、ヒートシンクに冷却手段を設けることにより、ヒートシンク側の伝熱促進を図れるため、全体として半導体チップと冷媒との間の熱抵抗を小さくできる。このことは、モジュールを構成する各部の温度を小さくできることを示しており、これと各部の熱応力を小さくできることの2つの要因は、モジュールの破損を小さく押さえることを可能とし、モジュールの長寿命化（長い期間の使用）を可能にする。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態なる半導体装置の断面図である。

【図2】図1のII-II矢視図である。

【図3】図1のIII-III矢視図である。

【図4】Cu板における熱伝導グリースの付着面積と熱抵抗の特性を示す図である。

【図5】AlN板における熱伝導グリースの付着面積と熱抵抗の特性を示す図である。

【図6】ヒートシンク上に設けた3個の半導体モジュールの配列を示す平面図である。

【図7】熱伝導グリース塗布用の型板を示す図である。

【図8】本発明の他の実施の形態である半導体装置の断面図である。

【図9】本発明のさらに他の実施の形態である半導体装置の断面図である。

【図10】図9のX-X断面図である。

【図11】本発明のさらに他の実施の形態である半導体装置の断面図である。

【図12】ヒートシンクの冷却構造を示す断面図である。

【図13】図12のXIII-XIII矢視図である。

【図14】ヒートシンクの他の冷却構造を示す断面図である。

【図15】図14のXV-XV断面図である。

#### 【符号の説明】

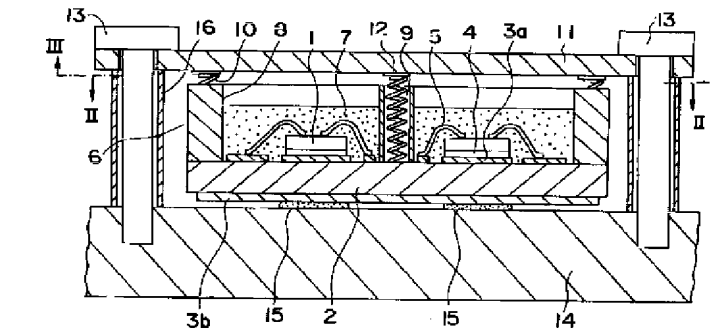
- 1 半導体チップ
- 2 絶縁板
- 3a、3b 金属膜
- 4 半田層
- 5a、5b ワイヤ
- 6 モジュール
- 7 充填樹脂
- 8 樹脂ケース
- 9 穴
- 10 コイルばね
- 11 支持治具
- 12 突起
- 13 ボルト
- 14 ヒートシンク
- 15 熱伝導グリース
- 16 スペーサ
- 17a、17b、17c、17d 電極
- 18 テンプレート
- 19 開口
- 20 流路
- 21a、21b ヘッド
- 22 流入口
- 23 流出口
- 24 冷媒
- 25 ノズル
- 26 外側の室
- 27 内側の室
- 28 壁面
- 29 噴流



30 凹部  
31 薄壁の部位  
32 冷却フィン

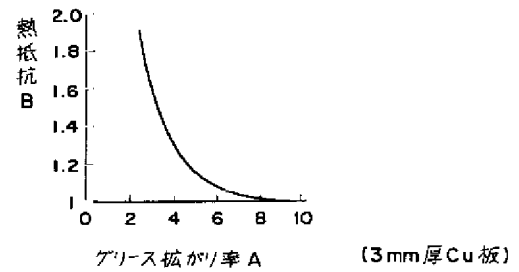
33 ノズル  
34 ノズル先端部  
35 a、35 b フィン列

【図1】

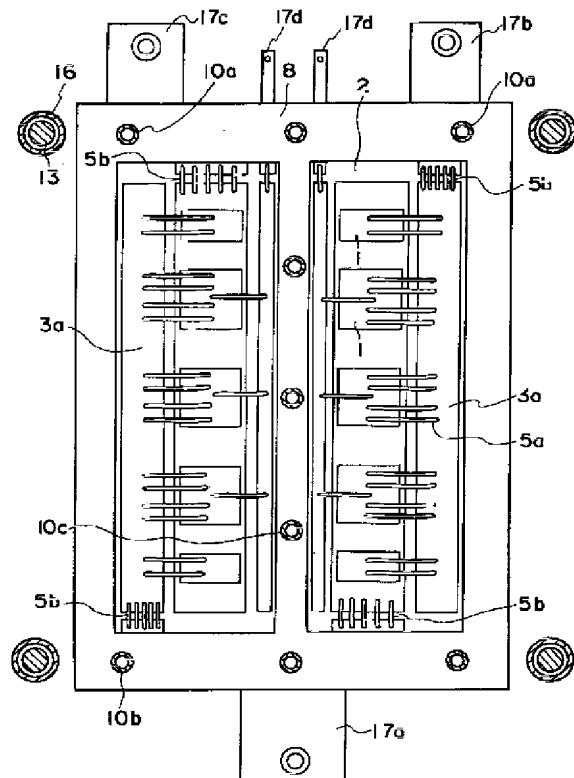


1 : 半導体チップ	7 : 充填樹脂	
2 : 絶縁液	8 : 樹脂ケース	
3 a, 3 b : 金属膜	9 : 穴	13 : ボルト
4 : 半田層	10 : コイルばね	14 : ヒートシンク
5 : ワイヤ	11 : 支持治具	15 : 熱伝導グリス
6 : モジュール	12 : 突起	16 : スパース

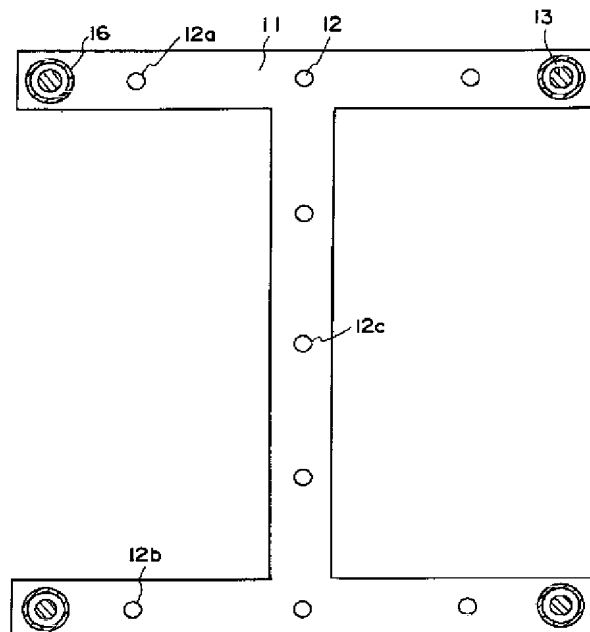
【図4】



【図2】

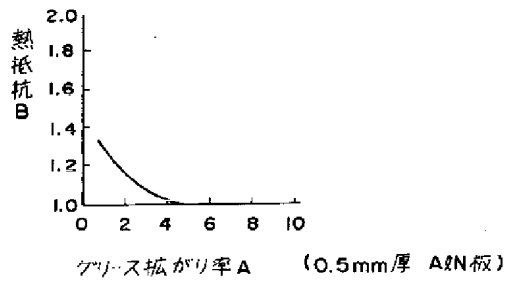


【図3】

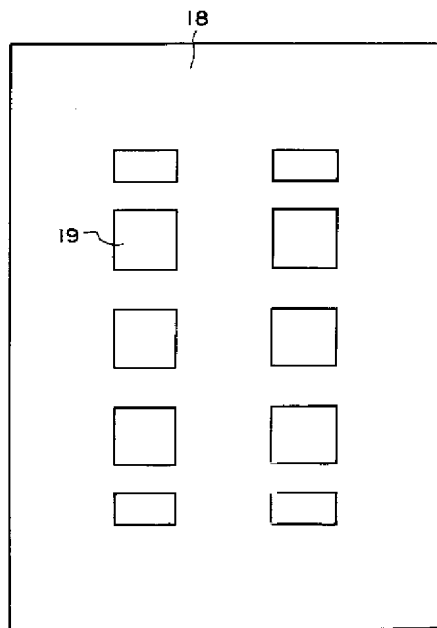




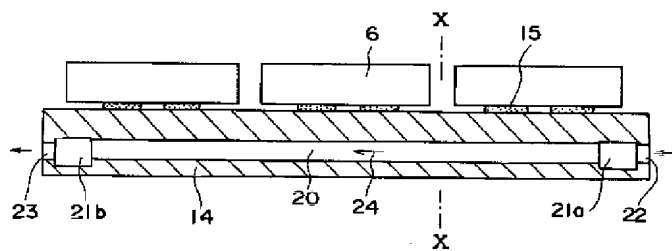
【図5】



【図7】

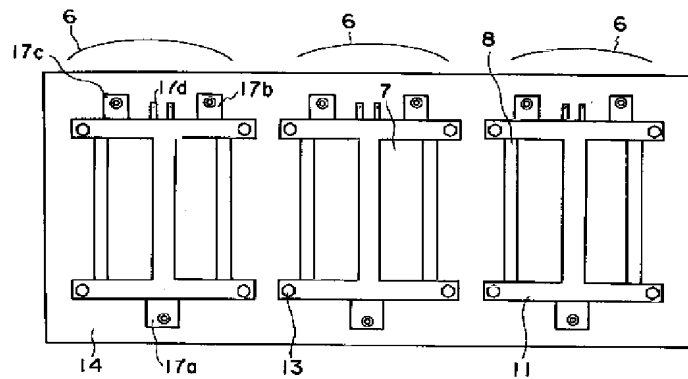


【図9】

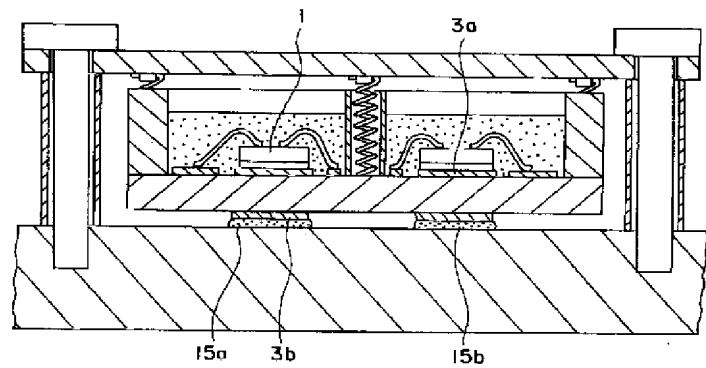


- 20: 流路  
21a, 21b: ヘッダ  
22: 流入口  
23: 流出口  
24: 冷媒

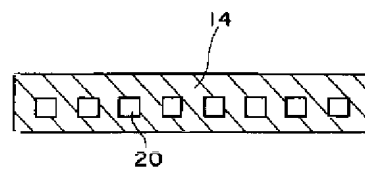
【図6】



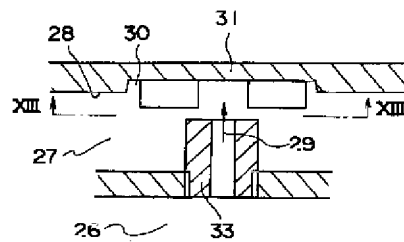
【図8】



【図10】



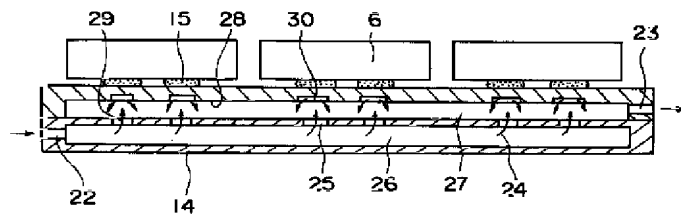
【図12】



- 32: 冷却フィン  
33: ノズル

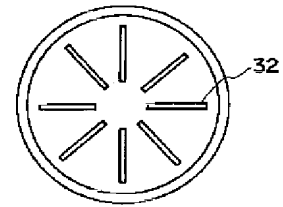


【図11】

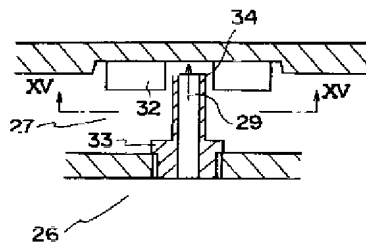


25 : 孔  
26 : 外室  
27 : 内室  
28 : 壁面  
28 : 噴流  
30 : 凹部

【図13】

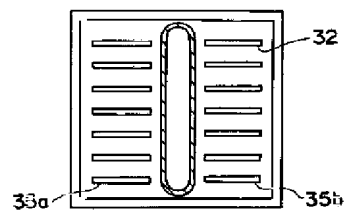


【図14】



34 : ノズル先端部  
35a, 35b : フィン列

【図15】



## 【手続補正書】

【提出日】平成7年11月10日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項2】 前記熱伝導グリースの島状領域は前記半導体チップの平面積の4～8倍としたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項4】 前記熱伝導グリースの島状領域は前記半導体チップの平面積の4～8倍としたことを特徴とする請求項3記載の半導体装置。

フロントページの続き

(72)発明者 山村 博久  
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 藤枝 信男  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会  
社日立製作所機械研究所内